

Der Bau des Milchstraßensystems

Becker, Wilhelm

Veröffentlicht in:
Abhandlungen der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft Band 18, 1966,
S.165-174



Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig

Der Bau des Milchstraßensystems

Von W. Becker, Basel

Rede in der Feierstunde am 30. April 1966

Herr Präsident!

Meine Damen und Herren!

Lassen Sie mich beginnen mit dem Ausdruck meines aufrichtigen Dankes an die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft, die unsere Basler Forschungen zum Aufbau des Milchstraßensystems mit der Verleihung der Karl-Friedrich-Gauß-Medaille anerkannt hat. Sie haben dadurch den Blick der Öffentlichkeit auf unsere Forschungsergebnisse gelenkt, die bis dahin nur in Fachzeitschriften veröffentlicht worden sind. Das freut uns deshalb, weil wir der Meinung sind, daß die Öffentlichkeit einen Anspruch darauf hat, zu erfahren, was sich hinter den Toren eines Universitätsinstituts abspielt, wobei von Zeit zu Zeit auch etwas ans Licht kommen mag, das auch der Laie verstehen kann. Aber es beschämt uns zugleich, weil wir nichts vorweisen können, was den Charakter des Vollendeten und Einmaligen aufweisen würde, wie es z. B. bei Werken der Literatur und der Kunst verlangt wird. Wir haben aufgebaut auf den Erkenntnissen unserer Vorgänger, die uns ohne unser Zutun in die Hände gelegt wurden. Und wir haben uns bemüht, mit den Hilfsmitteln, die uns unsere Zeit darbot, diese Erkenntnisse zu mehren und ihnen eine neue Richtung zu verleihen, in der Hoffnung, daß eine kommende Generation im Besitze noch geeigneterer Teleskope und Methoden und unter glücklicheren Zeitumständen dem Werke eine Vollendung verleiht, wenn eine solche überhaupt erreichbar ist.

Eine unbegreifliche Laune des Zufalls fügte es, daß unser Beitrag zur Lösung des Problems des räumlichen Aufbaus unseres Milchstraßensystems seinen Ursprung nahm in jenen Räumen der alten Göttinger Sternwarte, die ihre Weihe erhalten hatten durch Persönlichkeit und Wirken von *Karl Friedrich Gauß*. Sonst aber berühren sich unsere Arbeiten wenig mit seinen Interessen. Denn *Gauß* hat sich Zeit seines Lebens nicht mit der Milchstraße befaßt. Seinen scharfen Geist vermochten nur diejenigen astronomischen Probleme zu faszinieren, die einer strengen mathematischen Analyse fähig waren. Die Bewegungsprobleme innerhalb des Planetensystems waren das Feld seiner Tätigkeit. Die Milchstraße dagegen bot ihm und seinen Zeitgenossen weder in der Beobachtung noch auch in der Berechnung Ansatzpunkte für eine qualitative, geschweige denn für eine quantitative Behandlung dieses spektakulärsten Phänomens des Sternhimmels (Abb. 1).

Aber was Beobachtung und Berechnung damals nicht vermochten, das leistete die intuitive Schau des großen Philosophen. Ich möchte Ihnen in diesem Zusammenhang einige Sätze aus der „Allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels“ nicht vorenthalten, in der *Immanuel Kant* einige

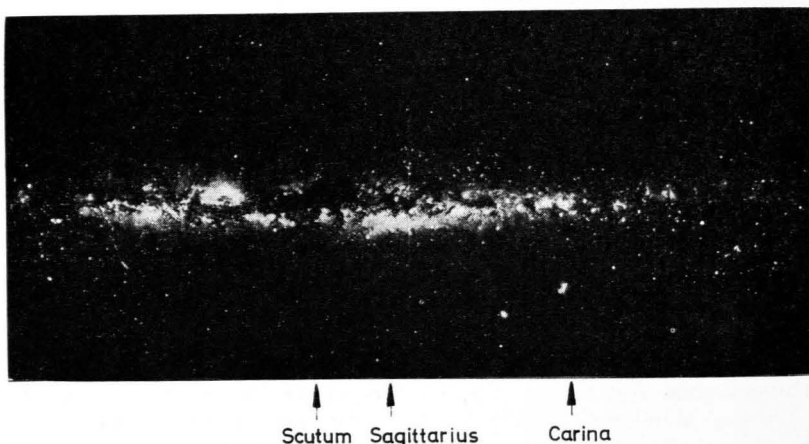


Abb. 1. Karte der Milchstraße (Lund Observatorium). Zwischen den beiden Pfeilen (Scutum bzw. Carina) liegt die Projektion des nächst inneren Spiralarms. Dritter Pfeil bezeichnet die Richtung zum galaktischen Kerngebiet, das infolge starker interstellarer Absorption unsichtbar ist (Sagittarius)

Jahre vor *Gauß* das großartige Bild seiner inneren Schau vom Aufbau des Kosmos entworfen hatte, ein Bild, das heute noch ebenso richtig ist, wie es damals richtig war. Nur hat er inzwischen den weiten Weg von der Intuition zur bewiesenen Realität zurückgelegt.

Es heißt da: „Dieser lichte Streif wird nach Richtung eines größten Zirkels fortgehen, weil der Stand des Zuschauers in der Fläche selber ist. In dieser Zone wird es von Sternen wimmeln, welche durch die nicht zu unterscheidende Kleinigkeit der hellen Punkte, die sich einzeln dem Gesichte entziehen, und durch ihre scheinbare Dichtigkeit einen einförmigen weißlichen Schimmer, mit einem Worte, eine Milchstraße vorstellig machen.“

Weiter heißt es: „Wenn ein System von Fixsternen, welche in ihren Lagen sich auf eine gemeinschaftliche Fläche beziehen, so wie wir die Milchstraße entworfen haben, so weit von uns entfernt ist, daß alle Kenntlichkeit der einzelnen Sterne nicht mehr empfindlich ist — kurz, wenn eine solche Welt von Fixsternen in einem so unermeßlichen Abstände vom Auge des Beobachters, das sich außerhalb demselben befindet, angeschauet wird, so wird dieselbe unter einem kleinen Winkel, als ein mit schwachem Lichte erleuchtetes Räumchen erscheinen. Die Schwäche des Lichtes, die Figur und die kennbare Größe des Durchmessers werden ein solches Phänomen von allen Sternen gar deutlich unterscheiden.“

Und abschließend lesen wir den Satz, in dem *Kant* die Grenzen der intuitiven Schau ganz unmißverständlich deutlich macht: „Es steht hier ein weites Feld zu Entdeckungen offen, wozu die Beobachtung den Schlüssel geben muß.“

In diesen klassischen Worten *Kants* ist der Tatbestand, wie wir ihn heute noch sehen und das volle Programm für die Beobachtung bis auf den heutigen Tag enthalten. Um das mit den Mitteln unserer jetzigen Terminologie deutlich zu machen, wollen wir das Problem folgendermaßen formulieren. Wir befinden

uns mit dem Fixstern Sonne und allen anderen an der Sphäre sichtbaren Sternen im Inneren eines Sternsystems. Von unserem Standpunkte aus betrachtet erscheint uns dieses System projiziert an unsere Sphäre. Dort ist diese Projektion sichtbar als schmales, leuchtendes Band, das sich über den ganzen Himmel erstreckt und das wir die Milchstraße nennen. Da dieser Streifen einem größten Kreise folgt, muß das verursachende Gebilde eine flache Scheibe sein, in deren Symmetrieebene unter anderem auch die Sonne steht. Es ist Aufgabe der Forschung, Mittel und Wege zu finden, um das an die Sphäre projiziert erscheinende, zweidimensionale Bild unseres Milchstraßensystems in ein dreidimensionales, räumliches Gebilde zu verwandeln.

Der Kernpunkt dieser Aufgabe liegt offenbar darin, die Entfernungen der Sterne zu bestimmen, denn die Richtungen sind ja direkt sichtbar. An die Genauigkeit der Entfernungsbestimmung sind dabei hohe Anforderungen zu stellen, wenn sie genau genug sein sollen, um Strukturen in der räumlichen Verteilung der Sterne kenntlich zu machen. An diesen Anforderungen sind, wie wir heute wissen, seit den Tagen Kants bis in die zwanziger Jahre unseres Jahrhunderts hinein alle Versuche gescheitert, die die Erforschung des räumlichen Aufbaus des Milchstraßensystems zum Ziele hatten und die vor allem an die Namen von *Wilhelm Herschel*, *John Herschel* und *Wilhelm Struve* und später an die Namen *Hugo von Seeliger* und *Karl Schwarzschild* gebunden sind.

Trotz dieses Scheiterns, das ja von den Zeitgenossen als solches nicht direkt wahrnehmbar war, haben diese Versuche in der Geschichte der Astronomie ihren festen Platz als Schritte von der Ungewißheit hin zur Wahrheit.

Einen radikalen Wechsel in der Haltung der Astronomen unserem Problem gegenüber bedeuteten in den zwanziger Jahren die halbmathematischen und halbempirischen Methoden, die der holländische Astronom *J. C. Kapteyn* einführte. Sie entsprangen der wachsenden Erkenntnis, daß die Verteilung der Sterne im Milchstraßensystem so kompliziert und ungleichmäßig ist, daß mathematische Formeln sie nicht darzustellen vermögen. Es war aber diese Erkenntnis zugleich auch der Antrieb dazu, schließlich zu rein empirischen Methoden überzugehen.

Vor *Kapteyn* waren es etwa 100 000 Sterne von den 100 Milliarden, aus denen das Milchstraßensystem vermutlich besteht, die, verteilt über den ganzen Himmel, den Diskussionen zugrunde lagen. Nach *Kapteyn* erhöhte sich die Anzahl etwa um den Faktor 3. Das Forschungsziel, der räumliche Aufbau des Systems, wurde nicht erreicht. Die verhältnismäßig geringe Zahl der beobachteten Sterne war dabei nicht so sehr der Grund für das Scheitern. Man kann ziemlich sicher sein, daß auch eine weitere Vermehrung der Beobachtungen, die eine Automatisierung der Arbeitsweise nötig machen würde, nicht wesentlich weiter führen würde. Der Grund lag vielmehr in der Ungenauigkeit der Entfernungen.

So zeichnete sich in den vierziger Jahren abermals die Notwendigkeit einer Revision in der Haltung dem Problem gegenüber ab. Neue Methoden der Entfernungsbestimmung waren inzwischen entwickelt worden, die zwar nicht in so extensiver Weise anwendbar waren wie die älteren Methoden, dafür aber wesentlich genauer arbeiteten. Und unser Wissen über den Aufbau und

die Strukturverhältnisse von Sternsystemen schlechthin war durch die neuen Riesenteleskope soweit fortgeschritten, daß die schon von *Kant* angedeutete Methode des Analogieschlusses von fremden Sternsystemen auf unser eigenes eine wichtige Rolle spielen konnte. So kam es, daß man heute aus 300 Objekten wesentlich sichere Ergebnisse erzielen kann als früher aus 300 000. Wir wollen diese letzte Entwicklung und ihre Ergebnisse des Näheren betrachten.

Die ersten photographischen Aufnahmen fremder Sternsysteme, die wir den großen Teleskopen verdanken, zeigten immer deutlicher, wie Sternsysteme aufgebaut sein können (Abb. 2). Ihre Analyse, besonders durch *Edwin Hubble* und *Walter Baade*, gaben uns eine Vorstellung davon, welcher Art Sterne und anderer kosmischer Gebilde wir in ihnen vorfinden und wie diese im Raume eines Systems angeordnet sind. Man wußte jetzt, daß es Sternsysteme ver-

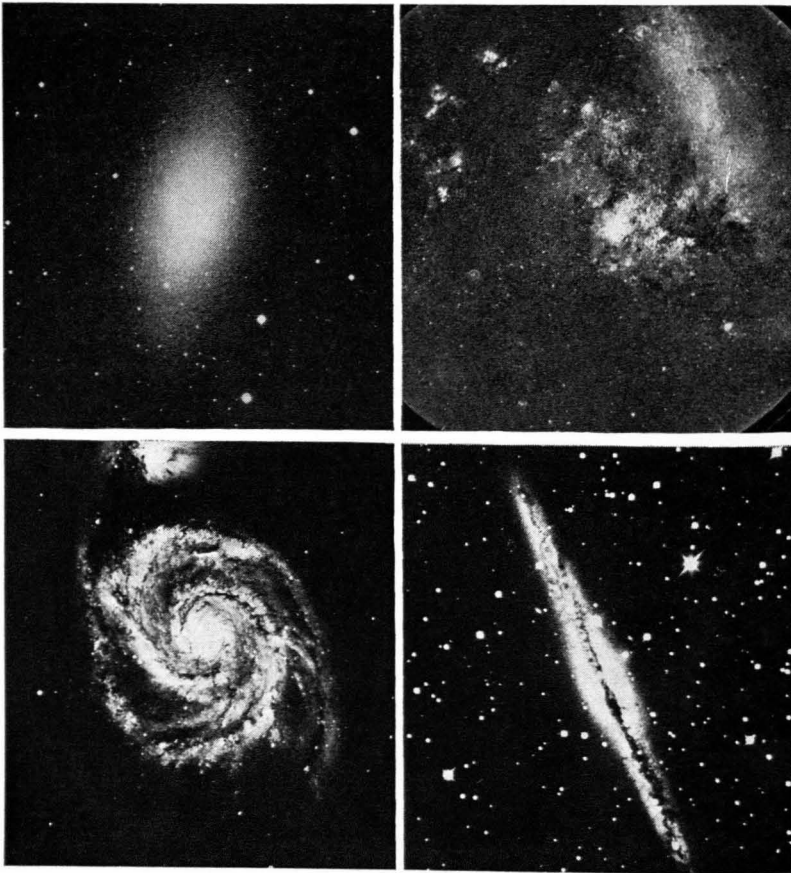


Abb. 2. Die vier Grundtypen der Sternsysteme
oben links: elliptisches System,
oben rechts: unregelmäßig gebautes System,
unten links: Spiralsystem in Aufsicht,
unten rechts: Spiralsystem von der Schmalseite gesehen

schiedener Art gibt und wie die Häufigkeitsverhältnisse sind. Die häufigen elliptischen Sternsysteme sind charakterisiert durch eine absolut regelmäßige Struktur in der räumlichen Verteilung der Sterne im Inneren eines ellipsoidischen umgrenzten Raumes, mit größter Dichte im Zentrum. Eine solche Verteilung kann durch eine mathematische Formel beschrieben werden. Die seltenen unregelmäßigen Sternsysteme stellen den Gegenpol dar. Sie bestehen aus einzelnen Sternwolken verschiedener Größe und unregelmäßiger Begrenzung, die sich formlos zu einem System zusammenfügen. Eine Zwischenstellung nehmen die häufigen spiralförmigen Systeme ein, die insofern regelmäßige Struktur besitzen als sich mehr oder weniger deutlich erkennbare Spiralarme in einer flachen Scheibe liegend um einen mehr oder weniger hervortretenden hellen zentralen Kern winden, wobei aber die Sternverteilung innerhalb der Spiralarme ziemlich ungleichförmig sein kann, so daß diese in eine Kette von Sternwolken aufgelöst erscheinen.

Von solcher Art muß wohl auch unser eigenes Sternsystem sein, wenn es keinen Ausnahmefall darstellt. Die erste Frage, die durch Analogieschlüsse beantwortet werden kann, ist die nach seinem Grundtypus. Man versetze sich in die Lage eines Beobachters in einem elliptischen, einem unregelmäßigen und einem spiralförmigen Sternsystem und überlege sich, wie sich dieses System in seiner Projektion an die Sphäre dieses Beobachters darstellen würde.

Da ein von außen gesehen völlig regelmäßig gebautes Sternsystem auch in seiner Projektion an die Sphäre jedes inneren Beobachters als ein regelmäßig geformtes Gebilde erscheinen muß, ergibt sich sofort die Folgerung, daß unser Milchstraßensystem kein elliptisches System sein kann, denn unsere Milchstraße entbehrt dieses Aussehens in hohem Maße.

Aber es kann auch kein unregelmäßiges System sein, weil dessen Projektion an die Sphäre eines inneren Beobachters nicht den Eindruck einer „Straße“ entstehen lassen könnte, wie er die Projektion unseres eigenen Systems so treffend charakterisiert.

So bleibt uns nur die dritte Möglichkeit, anzunehmen, daß das Milchstraßensystem Spiralform besitze.

In der Tat, wenn wir uns das Aussehen unserer Milchstraße vergegenwärtigen, so kommt man zu dem eindeutigen Schluß, daß gerade ein solches Bild entstehen müßte, wenn ein Beobachter innerhalb der Scheibe eines Spiralsystems die Spiralarme und den zentralen Kern an seine Sphäre projiziert sehen würde.

Diese Erkenntnis gibt unserer Forschung eine lang entbehrte feste Richtung. Wir haben es nicht mehr mit der unbestimmten Aufgabe der Ermittlung der räumlichen Verteilung der Sterne zu tun, sondern mit dem ganz konkreten Problem, das galaktische Kerngebiet und die Spiralarme ausfindig zu machen und zu lokalisieren. Optische Astronomie und Radioastronomie vereinigten ihre Mittel, um dieses Problem zu lösen. Was der ersten an raumdurchdringender Kraft fehlte, leistete die zweite und was dieser an Präzision der Entfernungsbestimmung mangelte, steuerte die erste bei. Wir müssen es uns hier versagen, darzustellen, wie beide Methoden einen Weg fanden, das Kerngebiet ausfindig zu machen und zu lokalisieren. Es liegt in Richtung des Sternbildes Sagittarius im Abstände von rund 30 000 Lichtjahren von der Sonne. Es ist allerdings

unsichtbar, weil die starke Absorption des Sternlichts im interstellaren Staub uns seinen Anblick verwehrt.

Wir wollen uns nur mit den Spiralarmen befassen, die sich, in einer dünnen Scheibe liegend, um diesen Kern lagern. Es interessiert uns, woraus sie hauptsächlich bestehen, wo im Raume sie sich befinden, und welchen Platz relativ zu ihnen die Sonne einnimmt.

Bei der ersten Frage geben uns die Verhältnisse in fremden Spiralsystemen wichtige Hinweise. Dort zeigt sich nämlich, daß Spiralarmlen in erster Linie definiert werden durch Objekte geringen Alters, vor allem durch neutrales und ionisiertes Wasserstoffgas, durch Sternhaufen und durch absolut sehr helle Sterne hoher Oberflächentemperatur. Wenn wir in unserem eigenen Sternsystem die Spiralarmlen lokalisieren wollen, so halten wir uns zweckmäßigerweise an diese Objekte, die auch in der Milchstraße zu finden sind.

Bei der Lokalisierung selber stoßen wir wieder auf das alte astronomische Problem der Entfernungsbestimmung. Aber zum Unterschied zur früheren Situation sehen wir uns nicht mehr einem schier uferlosen Ozean von Sternen schlechthin gegenüber, sondern wir haben es mit einer kleinen Zahl von Objekten mit spezifischen Eigenschaften zu tun. Allerdings nützen uns die klassischen geometrischen Methoden der Astronomie trotzdem wenig. Zwar sind sie unerläßlich als Basis für die Eichung anderer, nicht geometrischer Methoden, aber wir müssen 100mal weiter in den Raum vordringen als sie es uns erlauben, wenn wir Spiralarmlen lokalisieren wollen.

Die modernen Methoden beruhen im Prinzip auf einem elementaren Gesetz der Optik, das besagt: ein Licht bestimmter Leuchtkraft erscheint uns um so lichtschwächer, je weiter es von uns entfernt wird, und zwar umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung. Wenn man die Helligkeit eines Lichtes aus einer beliebigen Entfernung gemessen hat und sie mit der Helligkeit in der Einheitsentfernung vergleicht, kann man also diese Entfernung berechnen. Dabei müssen zwei Voraussetzungen erfüllt sein, man muß die Helligkeit des Lichtes, gesehen aus der Einheitsentfernung, kennen und der Raum zwischen Lichtquelle und Beobachter muß leer sein. Astronomisch gesprochen heißt das, wir müssen die absolute Helligkeit des betreffenden Sterns kennen und es darf keine interstellare Absorption des Sternlichtes in interstellarer staubförmiger Materie bestehen. Da solche Materie aber fast überall in der Milchstraße vorhanden ist, müssen die berechneten Entfernungen dementsprechend korrigiert werden. Die Korrektur kann abgeleitet werden durch Messung der Verfärbung des Sternlichtes, die durch die interstellare Absorption verursacht wird.

Es ist uns also die folgende dreifache Aufgabe gestellt: Bestimmung der absoluten Helligkeit von Sternen. Bestimmung der scheinbaren Helligkeit und Bestimmung der Korrektur wegen interstellarer Absorption.

Die absolute Helligkeit von Sternen ist im allgemeinen nicht direkt beobachtbar. Aber sie ist korreliert mit anderen physikalischen Eigenschaften, die ihrerseits beobachtet werden können. Solche Korrelationen müssen an Hand von Sternen abgeleitet werden, deren Entfernungen geometrisch gemessen werden können. Es ist ein glücklicher Umstand, daß es zwei oder drei gute Methoden der

Bestimmung absoluter Helligkeiten gibt, die gerade bei solchen Sterntypen am besten arbeiten, die für Spiralarms charakteristisch sind, nämlich bei Sternen hoher Oberflächentemperatur und großer absoluter Helligkeit. Kosmogonisch gesprochen sind das junge Sterne, die bisher nicht länger als 10^6 bis 10^8 Jahre gelebt haben.

Eine dieser Methoden und zwar, wie mir scheint, die genaueste, ist die als Dreifarben-Photometrie bezeichnete. Sie ist in erster Linie auf Sternhaufen anwendbar, die, wie die Ergebnisse zeigen, neben den Regionen ionisierter Wasserstoffwolken die Spiralarms am schärfsten definieren. Diese Methode bietet außerdem noch den großen Vorteil, daß sie nicht nur die Frage nach der absoluten Helligkeit beantwortet, sondern zugleich auch die scheinbare Helligkeit liefert und vor allem die Korrektur der Entfernungen wegen interstellarer Absorption. Deshalb sei diese Methode hier kurz erläutert.

Bei der Dreifarben-Photometrie handelt es sich, wie der Name sagt, um photometrische Messungen an Sternen in drei verschiedenen Spektralbereichen, die hauptsächlich mit Hilfe von Farbfiltern eingegrenzt werden und im Ultraviolett, im Blau-Grün und im Gelb-Rot liegen. Diese Art der astronomischen Photometrie hat in den fünfziger Jahren allgemeinen Eingang gefunden. Sie löste eine Methode ab, die als Ein- bzw. als Zweifarben-Photometrie bezeichnet werden kann und die ohne wesentliche Abänderungen aus der Frühzeit astronomischer Photometrie in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts überkommen war und die im Gegensatz zur Dreifarben-Photometrie in der Wahl der Spektralbereiche keine Rücksicht auf die physikalischen Eigentümlichkeiten der Sternstrahlung nahm.

Die Dreifarben-Photometrie machte den Weg frei für die Entfernungsbestimmung von Sternhaufen und damit für die Lokalisierung von Spiralarms im galaktischen System. Natürlich kann man nicht erwarten, daß sofort das ganze Milchstraßensystem dabei erfaßt werden kann. Das ist schon allein wegen der mit der Entfernung stark zunehmenden interstellaren Absorption nicht möglich, denn das Sternlicht vermag große Staubmassen gar nicht zu durchdringen. Aber ein Ausschnitt von etwa 20 000 Lichtjahren im Durchmesser kann mit Sternhaufen durchforstet werden und das sollte ausreichen, um große Teile von Spiralarms zu erfassen, wenn sie überhaupt evident sind. Es zeigte sich, daß man in der räumlichen Verteilung von etwa 100 jungen Sternhaufen tatsächlich deutlich Teile von drei Spiralarms identifizieren kann, von denen der mittlere nahe an der Sonne vorbeiläuft, die an seiner dem galaktischen Kerngebiet zugewandten Seite liegt (Abb. 3).

Andere Objekte geringen Alters, nämlich die Wolken ionisierten Wasserstoffs und gewisse veränderliche Sterne (Cepheiden längerer Periode), deren Entfernungen allerdings weniger genau ebenfalls mit modernen Methoden ermittelt worden sind (Kraft und Schmidt), bestätigen das aus Sternhaufen gewonnene Ergebnis und vervollständigen in willkommener Weise die Spiralarm-Population, denn die Anzahl der existierenden jungen Sternhaufen ist nicht groß. Die Ergebnisse der Radioastronomie, die die Verteilung der Wolken neutralen Wasserstoffs behandeln kann, stehen allerdings, quantitativ betrachtet, nicht im Einklang mit den Ergebnissen der optischen Astronomie. Zwar findet auch sie eine Anordnung in Form von Armen, aber diese decken sich nicht mit

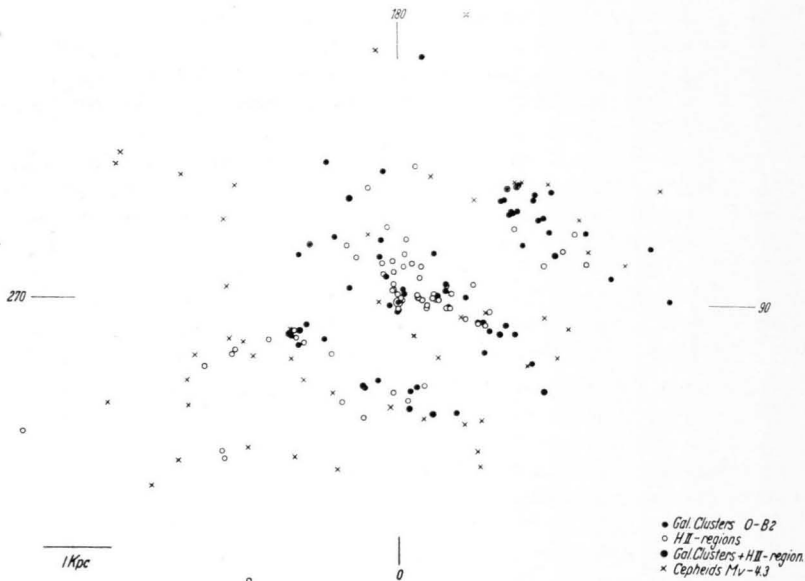


Abb. 3. Räumliche Anordnung der jungen Objekte innerhalb der galaktischen Ebene. In der Mitte \odot die Sonne. Richtung 0° weist zum galaktischen Kerngebiet (Übernommen aus Becker, Zeitschrift für Astrophysik, Bd. 58, S. 207 (1964))

den optisch gefundenen. Man muß dabei jedoch berücksichtigen, daß die in der Radioastronomie benutzten Entfernungen noch nicht so zuverlässig sind, wie die der optischen Astronomie.

Das Gebiet, in dem wir jetzt die Lage der Spiralarme kennen, stellt einen ziemlich großen Ausschnitt aus dem ganzen Milchstraßensystem dar, das einen totalen Durchmesser von etwa 100 000 Lichtjahren hat. Daher stellt sich die Frage, ob man von den Ergebnissen in diesem Ausschnitt auf das Aussehen des Milchstraßensystems im ganzen Rückschlüsse ziehen kann. Wie kann man eine solche Extrapolation vom Teil auf das Ganze vornehmen, ohne den Boden von Tatsachen zu weit zu verlassen? Wir können versuchen, in der Vielzahl der spiralförmigen Sternsysteme ein solches ausfindig zu machen, das in einem entsprechenden Teilbereich die gleiche Form und Lage von Spiralarmen aufweist, wie unser eigenes Sternsystem. Finden wir ein solches, dann ist die Annahme nicht unvernünftig, daß die Übereinstimmung in einem großen Teilbereich eine Übereinstimmung des Ganzen ausdrückt. Der Anblick dieses Sternsystems wäre für das unsrige dann sozusagen ein Blick in den Spiegel. Unter den photographischen Aufnahmen vieler Spiralsysteme konnte nur ein einziges gefunden werden, das mit dem Milchstraßensystem vergleichbar ist. Es ist das System NGC 1232, das eine deutlich ausgeprägte Spiralstruktur erkennen läßt und das, vielleicht zufälligerweise, genauso groß ist wie das Milchstraßensystem (Abb. 4). Betrachtet man die Lage unserer Sonne im Gesamtgefüge eines solchen Systems, dann sieht man, daß sie auf keine Besonderheit Anspruch erheben kann. Sie befindet sich an der Innenseite eines ziemlich weit außen

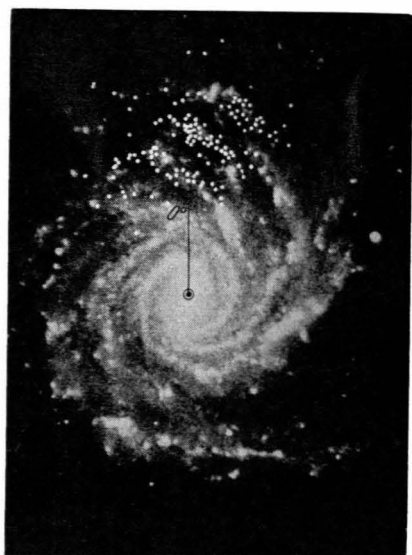


Abb. 4

Die Verteilung in Abb. 3 projiziert auf das Spiralsystem NGC 1232 (Übernommen aus *Becker, Zeitschrift für Astrophysik*, Bd. 58, S. 209 (1964))

liegenden Spiralarms. Und was wir von dort aus als nächst inneren Spiralarms sehen, das ist der Teil unserer Milchstraße, der von sehr hellen Sternwolken in den Sternbildern Scutum und Carina eingeschlossen wird und in dem auch die Richtung zum galaktischen Kerngebiet (Sagittarius) liegt. Der andere, größere Teil unserer Milchstraße wird durch das Zusammenwirken der Projektion des eigenen und des nächst äußeren Spiralarms sowie der Zwischenarm-Gebiete erzeugt (vgl. Abb. 1).

Das etwa ist der heutige Stand der Dinge, soweit die optische Astronomie ihn gebracht hat. Die Frage nach einem wesentlichen Strukturmerkmal unseres Milchstraßensystems hat durch die Analyse der Verteilung von verhältnismäßig sehr wenigen aber dafür besonders charakteristischen Objekten ihre Antwort gefunden, die eine feste Basis für weitere Untersuchungen darstellt. Nach wie vor besteht das ungelöste Problem der räumlichen Verteilung der Sterne allgemein. Es ist noch nicht klar, ob sie überhaupt, bzw. in welchem Umfange sie ebenfalls in den Spiralarms konzentriert sind. Nachdem die Lage der Spiralarms bekannt ist, kann man mit mehr Optimismus an die Lösung dieser Frage herangehen, insbesondere, wenn man sich auch hier der Methode der Dreifarben-Photometrie bedient, die wesentlich größere Räume erschließt als die klassischen Methoden der Stellarstatistik.

Man weiß heute, daß die Spiralform nicht das einzige Strukturmerkmal von Spiral-Systemen ist. Die flache Scheibe, in der die Spiralarms liegen, ist vielmehr umgeben und durchdrungen vom galaktischen Halo, einem mehr sphärisch geformten Raum mit dem galaktischen Kerngebiet größter Sterndichte im Zentrum und einem radialen Dichtegradienten. Der Halo stellt wahrscheinlich sogar das primäre Strukturmerkmal dar in dem sich erst später die für uns bedeutend spektakulärere Spiralstruktur ausgebildet hat. Während bisher nur

eine bestimmte Form von Sternhaufen und von veränderlichen Sternen (Kugelhaufen und RR-Lyrae-Sterne) über Größe und Form des Halo beschränkte Auskunft boten, scheint es jetzt mit Hilfe der Dreifarben-Photometrie auch möglich geworden zu sein, die Sterne des Halo allgemein zu studieren und zu quantitativen Aussagen zu gelangen. Doch steht die Forschung hier noch am ersten Anfang. Es ist eines der Probleme, die nur mit den größten Teleskopen behandelt werden können und das mäßigt das Tempo des Fortschritts empfindlich.

Ich kann diesen Bericht nicht schließen, ohne auch in dieser Stunde derjenigen Kollegen und Institutionen in Dankbarkeit zu gedenken, die Anteil haben an unseren Forschungsergebnissen.

Allen voran gilt mein Dank dem Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung. Die Beobachtungen, die wir brauchten, um unsere Pläne zu verwirklichen, stammen von Observatorien, die uns freundschaftlich verbunden sind: das Mt. Wilson and Palomar Observatory (Kalifornien), das Kitt Peak National Observatory (Arizona), das Lowell Observatory (Arizona), das Michigan Observatory in Ann Arbor (Michigan), das Royal Observatory at the Cape (Capetown), die Observatorien der Universitäten in Padua (Asiago) und Hamburg.

Auch meiner jungen Kollegen in Basel möchte ich hier gedenken, der Herren Dr. R. Finkert, Dr. U. Steinlin und Dr. A. Tammann sowie Dr. A. Purgathofer in Wien, die alle zu den Ergebnissen beigetragen haben, von denen ich Ihnen hier in größerem Zusammenhang berichten durfte.